

Über individuelle Unterschiede
in der Entfernungs- und Richtungsangabe
bei den Tänzen der Bienen

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Ludwig-Maximilians-Universität

zu München

vorgelegt

von

Elisabeth Maria Schweiger

aus

Lämmersdorf

(Landkreis Wegscheid)

Oktober 1957

Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. K. VON FRISCH

Tag der mündlichen Prüfung: 18. Dezember 1957

Sonderdruck aus

Zeitschrift für vergleichende Physiologie, Bd. 41, S. 272—299 (1958)

Springer-Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg

Aus dem Zoologischen Institut der Universität München

ÜBER INDIVIDUELLE UNTERSCHIEDE
IN DER ENTFERNUNGS- UND RICHTUNGSANGABE
BEI DEN TÄNZEN DER BIENEN*, **

Von

ELISABETH MARIA SCHWEIGER

Mit 24 Textabbildungen

(Eingegangen am 23. Juni 1958)



* Dissertation der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität München.

** Die Arbeit wurde aus Mitteln gefördert, die Prof. v. FRISCH von seiten der Rockefeller Foundation und der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Verfügung standen.

Inhalt

	Seite
Einleitung	272
Methode	273
A. Entfernungsangabe	274
I. Individuelle Unterschiede	274
II. Einfluß des Alters	276
B. Richtungsangabe	283
I. Individuelle Unterschiede	283
II. Einfluß des Alters	285
C. Machen sich die Unterschiede im Tanzrhythmus bei den Anflügen der Neulinge bemerkbar?	290
D. Individuelle Unterschiede in Entfernungs- und Richtungsangabe bei grö- ßerem Abstand Stock—Futterplatz	293
I. Entfernungsangabe	293
II. Richtungsweisung	294
E. Korrelation zwischen Entfernungs- und Richtungsangabe	296
Zusammenfassung	297
Literatur	298

Einleitung

Wenn eine Biene nach ihrer Heimkehr im Stock tanzt, wirbt sie dadurch Kameradinnen für ein bestimmtes Ziel an. Liegt die Trachtquelle in der Nähe, so beobachten wir Rundtänze, bei einem Abstand Stock—Futterplatz von etwa 100 m oder mehr Schwänzeltänze. Das Tanztempo wird mit zunehmendem Abstand des Zieles vom Stock langsamer; die Richtung der Schwänzelstrecke zeigt an, welche Flugrichtung von der Beute zum Futterplatz führt, beim Tanz auf einer horizontalen Fläche, etwa dem Anflugbrettchen, direkt, beim Tanz auf vertikaler Wabe wird die Richtung zur Sonne auf die Richtung zur

Schwerkraft transponiert (v. FRISCH 1946, 1952). Nach dem gleichen Prinzip werben Spurbienen auf einer Schwarmtraube für die neue Behausung (LINDAUER 1955).

v. FRISCH (1948, 1953, 1957) untersuchte in „Stufenversuchen“ und „Fächerversuchen“, wie genau Neulinge auf Grund der gewiesenen Entfernung und Richtung tatsächlich am Futterplatz anfliegen. Dabei zeigte sich eine nicht unbeträchtliche Streuung. So ergab sich die Fragestellung dieser Arbeit: Bestehen individuelle Unterschiede in der Entfernungs- und Richtungsangabe bei den Tänzen der Bienen? Entsprechen die Einzelbeobachtungen an einer beliebig herausgegriffenen Sammelbiene einer Normalverteilung?

Herrn Professor v. FRISCH danke ich für die Anregung zu dieser Arbeit und seine Unterstützung, Herrn Doz. Dr. LINDAUER für die stets gezeigte Hilfsbereitschaft.

Methode

Die Versuche wurden 1952 und 1956 im Forstenrieder Park bei München (Gelände s. bei BOCH 1956) durchgeführt, 1953 und 1955 im Botanischen Garten München. Das Versuchsvolk, meist Krainer, nur 1953 für einige Wochen Nigra-Bienen, war in einem Beobachtungsstock (v. FRISCH 1923) untergebracht. Als Abstand des Futterplatzes von der Beute wählte ich meist 200 m. In diesem Bereich fällt die Rhythmuskurve (v. FRISCH 1953) am steilsten; waren nun tatsächlich individuelle Unterschiede bei der Entfernungsangabe vorhanden, so mußten sie sich bei solcher Entfernung am besten bemerkbar machen. Bei 100 m treten öfters noch Rundtänze auf, die für meine Arbeit wertlos gewesen wären. Wegen besserer Vergleichsmöglichkeit behielt ich den Abstand 200 m auch für die Versuche über Richtungsangaben bei.

Zuckerwasser wurde in automatischen Futtergefäßen nach BAUMGÄRTNER (1928) geboten. Die Konzentration der Zuckerlösung wurde entsprechend den von LINDAUER (1948) angegebenen Stufen verändert. Sie lag, die Zeit der Roßkastanien- und Lindenblüte 1953 ausgenommen, etwa eine Stufe über dem jeweils herrschenden Grenzwert. Zögernde Tänze wegen zu niedriger Molarität sollten so von vornherein ausgeschaltet werden.

Auf die Verwendung von Duftstoffen wird bei der Besprechung der jeweiligen Versuche hingewiesen werden. — Die durchschnittliche Windstärke stellte ich mit einem Schalenanemometer fest.

Eine Bemerkung zur Methode des Stoppens: Ich stellte fest, welche Zeit die Tänzerin zu einer bestimmten Anzahl von Schwänzelläufen (meist 8—10) benötigte. Daraus wurde die Anzahl der Schwänzelläufe pro 15 sec berechnet. Können die Tänzerinnen blauen Himmel sehen und durch Wahrnehmung des polarisierten Lichtes den Sonnenstand erkennen, dann halten sie beim Tanz auf der senkrechten Wabe annähernd die Resultierende ein zwischen den beiden Richtungen, die sie einerseits beim Übertragen des Sonnenwinkels auf die Schwerkraft, andererseits beim Tanz auf horizontaler Fläche einzuhalten hätten (v. FRISCH 1948). Eine gewisse, bis jetzt noch nicht geklärte „Restmißweisung“ (v. FRISCH 1948) bleibt allerdings auch dann, wenn man den Sammlerinnen während ihres Stockaufenthaltes den Ausblick auf den freien Himmel verwehrt. Die Richtung der Tänze wurde mit einem Winkelmeßgerät nach PALITSCHKE festgelegt.

Am Futterplatz verkehrten gewöhnlich 8—10 Bienen, von denen ich etwa 6—7 gleichzeitig beobachtete. Hätte ich mehr berücksichtigt, so wären die täglich an einer Sammlerin verfolgten Tänze für den Vergleich mit anderen Individuen zu wenig geworden.

Damit mir für die späteren Versuche Bienen bekannten Alters zur Verfügung standen, versah ich vom 13. 5. bis 4. 8. 53 im Beobachtungsstock frischgeschlüpfte Tiere mit Tagesfarben, beim Erscheinen am Futterplatz wurden sie dann individuell nummeriert. 1955 setzte ich im Thermostaten Geschlüpfte (Alter 0—24 Std) zu. Die 1955 zu den Versuchen selbst herangezogenen Bienen stammten aus 2 Völkern, die im weiteren Verlauf dieser Arbeit als Volk A und Volk B bezeichnet werden.

Die statistische Auswertung des Beobachtungsmaterials erfolgte nach WEBER (1948), PAETAU (1943), GEBELEIN-HEITE (1951), KOLLER (1940). Statistische Sicherungsgrenze = 0,27%.

Auf die Bedeutung von n wird im Einzelfall im Text hingewiesen.

A. Entfernungsangabe

I. Individuelle Unterschiede

In diesem Abschnitt soll geklärt werden, ob und in welchem Ausmaß individuelle Unterschiede in der Entfernungsangabe vorliegen. Vor-

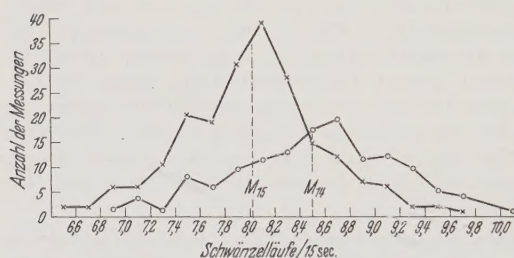


Abb. 1. Verteilung der Tänze von Biene Nr. 14 (O) und Biene Nr. 15 (X). Abszisse: Anzahl der Schwänzellaufe/15 sec. Ordinate: Anzahl der Tänze, die auf die jeweilige Klasse entfällt. Klassengrenzen eingetragen. Klassenbreite = 0,2 Schwl./15 sec. Die vertikalen Linien kennzeichnen die Mittelwerte der Bienen

versuche im Herbst 1952 im Forstenrieder Park bei München lieferten die ersten Anhaltspunkte. Futterplatz und Stock lagen in einer von NO nach SW führenden Schneise. Die Bienen hatten am Versuchstag, am 14. 9. 52, beim Anflug Gegenwind. Als Beispiel sei der statistische Vergleich zwischen den Beobachtungen an 2 mit

ziemlich unterschiedlicher Geschwindigkeit tanzenden Bienen herausgegriffen: $(M_1 - M_2)/\sigma_D = t = 4,506; n = 21$.

Die statistischen Daten zu Abb. 1:

Biene Nr. 14: $M_1 \pm 3m_1 = 8,51 \pm 0,165$ Schwl./15 sec
 $n_1 = 134$
 $\sigma_1 = \pm 0,64$ Schwl./15 sec
 Beobachtungszeit: 26. 4. bis 11. 5. 53

Biene Nr. 15: $M_2 \pm 3m_2 = 8,03 \pm 0,177$ Schwl./15 sec
 $n_2 = 209$
 $\sigma_2 = \pm 0,57$ Schwl./15 sec
 Beobachtungszeit: 26. 4. bis 8. 5. 53
 $(M_1 - M_2)/\sigma_D = t = 7,133$.

Als nächstes war die Frage zu untersuchen, in welchem Ausmaß individuelle Unterschiede bestehen.

Nur selten war es während der Versuchszeit fast oder völlig windstill. Herrscht beim Flug zum Futterplatz Gegenwind, so geben die Bienen eine größere Entfernung an, bei Mitwind tanzen sie rascher. Die Kurve für Windstille hält die Mitte (v. FRISCH 1948). Ich durfte aus diesem Grunde nur Protokolle solcher Zeitabschnitte miteinander vergleichen, während derer dieselben Windbedingungen geherrscht hatten. Unterschiedliche Konzentration der gefütterten Zuckerlösung hat nach v. FRISCH u. JANDER (1957) keinen Einfluß auf die Tanzgeschwindigkeit.

Es wurden also die Beobachtungen an Bienen verglichen, die an denselben Tagen unter gleichen Bedingungen Zuckerwasser am Futtertischchen geholt hatten. Dabei ergab sich für 1953 in 14 von 21 Vergleichsmöglichkeiten (= 66,7%) ein Unterschied in der Entfernungsangabe, 1955 war in 26 von 56 Fällen (= 46,4%) $t > 3$. Faßt man die Werte von 1953 und 1955 zusammen, so ergibt sich in 40 von 77 Vergleichsmöglichkeiten (= 51,9%) $t > 3^1$.

Abb. 2 stellt die Verteilung der Rhythmusmittelwerte der in den Jahren 1953, 1955, 1956 beobachteten Bienen dar. Letztere entstammten 4 verschiedenen Krainer Völkern. Die Windverhältnisse blieben bei diesem Gesamtüberblick unberücksichtigt. Der Kurve liegen insgesamt 5530 Einzelbeobachtungen an 185 Bienen zugrunde.

Die statistischen Daten:

$$\begin{aligned} M \pm 3m &= 7,96 \pm 0,139 \text{ Schwl./15 sec} \\ \sigma &= 0,63 \text{ Schwl./15 sec} \\ n &= 185 (= \text{Anzahl der beobachteten Bienen}) \end{aligned}$$

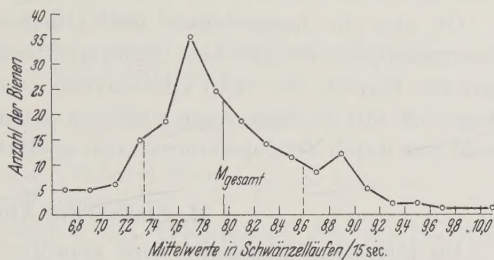


Abb. 2. Verteilung der Rhythmusmittelwerte der in den Jahren 1953, 1955 und 1956 beobachteten Bienen (insgesamt 185). Abszisse: Zahl der Schwl./15 sec, Klassengrenzen eingetragen, Klassenbreite = 0,2 Schwl./15 sec. Ordinate: Anzahl der Bienen, deren Mittelwerte in die jeweiligen Klassen fallen. Die vertikal ausgezogene Linie kennzeichnet den Gesamtmittelwert, die gestrichelten Linien kennzeichnen die $\pm \sigma$ -Grenze 7,33 bzw. 8,59 Schwl./15 sec. $M \pm 3m = 7,96 \pm 0,139$ Schwl./15 sec; $\sigma = \pm 0,63$ Schwl./15 sec; $n = 185$ (= Anzahl der beobachteten Bienen). Der Gesamtmittelwert $M = 7,96$ Schwl./15 sec wurde aus den Rhythmusmittelwerten der 185 beobachteten Bienen berechnet

¹ RUTTNER (1957) schreibt von Mehrfachbegattung der Bienenköniginnen. Andererseits neigen ganze Völker derselben Rasse zu einem etwas rascheren oder langsameren Tanztempo (v. FRISCH 1948, eigene Versuche 1955). Vielleicht läßt sich ein Teil der festzustellenden individuellen Unterschiede auf die Mehrfachbegattung zurückführen.

Der Mittelwert $M=7,96$ fällt nicht mit dem häufigsten Wert (in Klasse 7,6—7,8 Schwl./15 sec) zusammen. Diese Verschiebung läßt eine Normalverteilung 2. Art vermuten, wie sie bei biologischen Verteilungen gewöhnlich auftritt. Die Berechnung der für derartige Verteilungen charakteristischen Schiefe q ergab $+0,382$.

Ob nun die festgestellten individuellen Unterschiede in der Entfernungsangabe bei gleichem Abstand Stock—Futterplatz auf Änderungen im Bereich der Schwänzelstrecke oder des Laufbogens beruhen, wage ich mit bloßem Auge nicht zu entscheiden. Diese Frage kann wohl nur durch Zeitlupenaufnahmen geklärt werden.

II. Einfluß des Alters

Im folgenden Abschnitt wird geprüft, ob Beachten von Flugalter bzw. absolutem Alter das Vorhandensein von individuellen Unterschieden in der Entfernungsangabe erklären kann, wie sie beim Beobachten von beliebig herausgegriffenen Bienen unbekannten Alters auftreten. Die einschlägigen Versuche wurden in den Jahren 1953 und 1955 im Botanischen Garten München durchgeführt.

Unter „Flugalter“ ist im folgenden die Anzahl der Tage zu verstehen, die seit dem ersten Erscheinen einer Biene am Futterplatz verstrichen ist¹. Gelegentlich wird stattdessen auch der Ausdruck „Sammelalter“ gebraucht.

Beim „absoluten Alter“ unterschied ich zwischen „Ausflugsalter“ = Anzahl der Tage, die zwischen dem Schlüpfen einer Arbeitsbiene und ihrem ersten Auftauchen am Futtertischchen liegen, und dem Lebensalter während der Beobachtungszeit, wiederum gezählt vom Tag des Schlüpfens.

1. Flugalter. Meist begannen die am Futterplatz individuell nummerierten Tiere bald zu tanzen, und ich konnte sie neben den Resten der alten Gruppe im Stock verfolgen. Äußerst temperamentvoll durcheilten erstere die Tanzfigur. Der Unterschied gegenüber jenen, die bereits einige Tage am Futterplatz verkehrten, fiel gewöhnlich schon ohne Zuhilfenahme der Stoppuhr auf. Tags darauf war von dieser großen Differenz wenig mehr zu bemerken. Verhalten sich Neulinge² tatsächlich anders als eingeflogene Bienen?

¹ Mit größter Wahrscheinlichkeit für die meisten beobachteten Bienen tatsächlich der Beginn ihrer Sammeltätigkeit. Ich hatte die Tiere im Alter von 0—24 Std mit Tagesfarben versehen, dem Volk im Beobachtungsstock zugesetzt und seitdem beobachtet.

² Unter „Neulingen“ verstehe ich die Bienen, die am betreffenden Versuchstag erstmals an meinem Futterplatz erschienen und dort individuell nummeriert worden sind. — Nur bei Versuch 3 wurden noch Beobachtungen am 2. Flugtag miteinbezogen. Am Ergebnis ändert dies nichts. (Statistischer Vergleich: $t=10,91$.)

Im folgenden seien die statistischen Daten von diesbezüglichen Versuchstagen aus dem Jahre 1953 aufgeführt. Die Entfernung Stock—Futterplatz betrug stets 200 m, Konzentration der Zuckerlösung 2 Mol.

1. Versuch am 14. 5. 53. Azimut des Futterplatzes 294° ö.v.N., Wind $\leq 0,8$ m/sec O—NO.

Neulinge (3 Bienen): $M_1 \pm m_1 = 9,25 \pm 0,087$ Schw./15 sec
 $n_1 = 43$ (n = Anzahl der Einzelbeobachtungen)
 $\sigma_1 = \pm 0,57$ Schw./15 sec

Eingeflogene Bienen (3 Tiere):
 $M_2 \pm m_2 = 8,65 \pm 0,102$ Schw./15 sec
 $n_2 = 56$
 $\sigma_2 = \pm 0,76$ Schw./15 sec.

Statistische Sicherung $t = (M_1 - M_2)/\sigma_D = 4,543$.

2. Versuch am 24. 5. 53. Azimut des Futterplatzes 294° ö.v.N., Wind $\leq 1,4$ m/sec O—NO.

Neulinge (4 Bienen): $M_1 \pm m_1 = 9,33 \pm 0,066$ Schw./15 sec
 $n_1 = 54$
 $\sigma_1 = \pm 0,49$ Schw./15 sec.

Eingeflogene Bienen (4 Bienen):
 $M_2 \pm m_2 = 9,04 \pm 0,057$ Schw./15 sec
 $n_2 = 84$
 $\sigma_2 = \pm 0,52$ Schw./15 sec.

Statistische Sicherung $t = 3,40$.

3. Versuch am 15. und 16. 7. 53. Azimut des Futterplatzes 132° ö.v.N., fast windstill.

Neulinge (4 Bienen): $M_1 \pm m_1 = 8,56 \pm 0,063$ Schw./15 sec
 $n_1 = 86$
 $\sigma_1 = \pm 0,58$ Schw./15 sec.

Eingeflogene Bienen (3 Bienen):
 $M_2 \pm m_2 = 7,77 \pm 0,035$ Schw./15 sec
 $n_2 = 110$
 $\sigma_2 = \pm 0,37$ Schw./15 sec.

Statistische Sicherung $t = 10,91$.

4. Versuch am 5. 8. 53. Azimut des Futterplatzes $= 132^{\circ}$ ö.v.N., Wind $\leq 1,8$ m/sec. W—NW.

Neulinge (2 Bienen): $M_1 \pm m_1 = 9,53 \pm 0,072$ Schw./15 sec
 $n_1 = 20$
 $\sigma_1 = \pm 0,32$ Schw./15 sec.

Eingeflogene Bienen (4 Bienen):
 $M_2 \pm m_2 = 8,04 \pm 0,067$ Schw./15 sec
 $n_2 = 25$
 $\sigma_2 = \pm 0,33$ Schw./15 sec.

Statistische Sicherung $t = 15,26$.

Abb. 3 zeigt das unterschiedliche Tanztempo von Neulingen und solchen Bienen, die schon längere Zeit am Futterplatz verkehren. Die Werte entstammen dem Versuch vom 24. 5. 53.

Wie schnell klingt der raschere Rhythmus ab? Erfolgt der Übergang zur späteren Geschwindigkeit plötzlich oder tritt er allmählich ein? Dies wurde in besonderen Versuchen im August 1953 festgestellt.

Wenige Tiere hätten vielleicht eine Auslese dargestellt und keinen Überblick über die tatsächlichen Verhältnisse gegeben. Ich untersuchte daher nacheinander 3 Gruppen zu je 7 Bienen, Schar 1 und 3 3 Tage lang, Schar 2 lediglich 2 Tage, weil am 3. Tag ungünstiges Wetter herrschte. Die während der Versuche gemessenen Temperaturen lagen zwischen 22 und 28°C, Wind aus W—NW herrschte vor, was für die anfliegenden Bienen Mitwind bedeutete. Die durchschnittliche Windstärke schwankte in den ersten Tagen zwischen 0,2 und 1 m/sec, später stieg sie vereinzelt auf beinahe 2 m/sec.

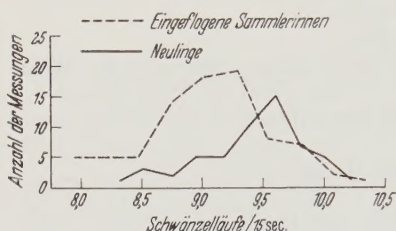


Abb. 3

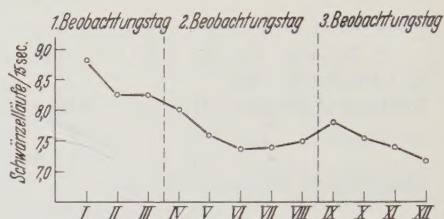


Abb. 4

Abb. 3. Vergleich zwischen Neulingen und Bienen, die schon länger am Futterplatz verkehren. Nach einem Versuch vom 24. 5. 53. Unterschiedliche Verteilung der Tänze. Neulinge (4 Bienen): Einzelbeobachtungen $n_1 = 54$ (ausgezogene Kurve). Eingeflogene Bienen (4 Tiere): Einzelbeobachtungen $n_2 = 84$ (gestrichelte Kurve). Statistischer Vergleich: $t = 3,40$. Abszisse: Anzahl der Schwl./15 sec.; Ordinate: Anzahl der Tänze. Unter „Neulingen“ verstehe ich die Bienen, die am betreffenden Versuchstag erstmals an meinem Futterplatz erschienen und dort individuell nummeriert worden sind.

Abb. 4. Rhythmusabfall bei Neulingen. Nach Versuchen vom 12.—20. 8. 53. 1068 Einzelbeobachtungen an 21 Bienen. Die Werte von je 2 Std. zusammengefaßt. Die Mittelwerte ab V entsprechen etwa dem normalen Abfall der Geschwindigkeit (s. Abb. 5)

Die Zeit, die zwischen dem 1. Sammelflug und dem ersten stoppbaren Tanz verstreicht, ist individuell sehr verschieden. Nur 1 der 21 untersuchten Bienen tanzte bereits 2 min nach der Markierung kontinuierlich, bei einer anderen vergingen bis zu diesem Zeitpunkt mehr als 3 Std. Die ersten Tänze umfassen nur einige Schwänzzellläufe. Meist ist auch der Bogen noch nicht deutlich ausgeprägt. Ich habe dies als „Versuche zu tanzen“ bezeichnet. Es scheint, als müßten sie es erst lernen. Entsprechendes schreibt LINDAUER (1952). HERAN (1956) spricht vom „Orientierungseffekt“. Die nach dem Abklingen des „Orientierungseffektes“ folgenden Tänze fand HERAN deutlich schneller. Meiner Ansicht nach darf man der 1. Phase kaum Werbekraft zuschreiben. Im weiteren Verlauf tanzen Neulinge schneller als Bienen, die bereits längere Zeit am Futterplatz verkehren.

Abb. 4 zeigt den Rhythmusabfall während der ersten 3 Tage der Sammeltätigkeit. Am auffallendsten ist der rasche Abfall des Tanzrhythmus während des 1. Sammeltages.

Wie bei den individuellen Differenzen in der Entfernungsangabe wage ich auch hier nicht zu unterscheiden, ob die Änderung Schwänzelsecke, Laufbogen oder beides betrifft.

Betrachten wir nun die letzten Lebenstage einer Sammelbiene. GONTARSKI (1935) hat berechnet, daß eine Sammlerin in 10 Std Flugzeit etwa das 40fache des eigenen Körpergewichtes einträgt. Erst in den letzten Lebenstagen machen sich gewisse Alterserscheinungen bemerkbar. WEYER (1932) stellte bei seinen zytologischen Untersuchungen am Gehirn alternder Bienen fest, daß eine intensive Außentätigkeit von fast 4 Wochen vergehen kann, ohne merkbare Spuren im Gehirn zu hinterlassen. Wenn aber die Zerfallsvorgänge in den Nervenzellen ihren Anfang genommen haben, so geht die Ausbreitung sehr schnell vor sich, scheinbar beinahe simultan. Zwischenstadien fand WEYER kaum. Ältere Sammlerinnen sind 2 bis 3 Tage vor ihrem Tod den anderen Sammlerinnen nicht mehr gleichwertig. Sie halten sich zwischen den Flügen längere Zeit im Stock auf, laufen dabei viel auf der Wabe herum. Die meisten der aufgeführten „Zittertänze“ (v. FRISCH 1923) entfallen auf diese Periode¹. — Gelegentlich führt eine derartige Biene auch noch Schwänzeltänze auf. Diese tragen aber gewöhnlich derart zögernden Charakter, daß man den Rhythmus mit der Stoppuhr nicht mehr feststellen kann. Erscheinen sie in Ausnahmefällen, dem bloßen Auge jedenfalls, noch kontinuierlich, so sind sie deutlich langsamer als die früherer Tage. In der Regel kommt die Sammlerin dann nach einem der nächsten Flüge nicht mehr nach Hause, oder sie wird tags darauf im Stock vermißt.

Bisher wurde festgestellt, daß das Tanztempo während der ersten und letzten Flugtage sich besonders stark verlangsamt. Im mittleren Abschnitt ist der Abfall geringer. Dies veranschaulicht auch Abb. 5. Korrelation zwischen Entfernungsangabe und Flugalter: Zufallshöchstwert für den Korrelationskoeffizienten r bei 22 Wertepaaren = 0,608 (Sicherungsgrenze = 0,27 %). Der für die Abb. 5 zugrunde liegenden Beobachtungen berechnete Korrelationskoeffizient beträgt $-0,892$. Der

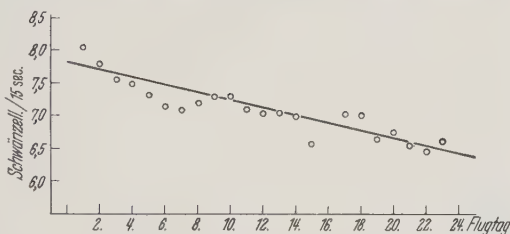


Abb. 5. Korrelation zwischen Entfernungsangabe und Flugalter. Volk A. Nach Versuchen im Juli und August 1955 im Botanischen Garten München. Ordinate: Anzahl der Schwl./15 sec; Abszisse: Jeweiliger Flugtag. Regressionsgerade eingetragen. Korrelationskoeffizient $r = -0,892$. Anzahl der Wertepaare = 22. Zufallshöchstwert für r bei einer Sicherungsgrenze von 0,27 % = 0,608

¹ Allerdings dürfen diese Zittertänze nicht als spezifische Alterserscheinung aufgefaßt werden (LINDAUER 1952, SCHIFFERER 1952, SCHICK 1954).

Tanzrhythmus einer Sammelbiene nimmt mit zunehmendem Flugalter ab.

2. Absolutes Alter. Vorversuche 1953 deuteten auf Unabhängigkeit des Tanzrhythmus vom absoluten Alter. Die zu den weiteren Versuchen 1955 (ebenfalls im Botanischen Garten) verwendeten Bienen entstammten 2 verschiedenen Völkern, die in den Protokollen als Volk A und Volk B bezeichnet werden.

Vormittags begannen die Bienen verhältnismäßig spät zu tanzen, nachmittags jedoch hörten sie für die Jahreszeit relativ früh auf. Vermutlich wird dies durch die Trachtverhältnisse im Botanischen Garten

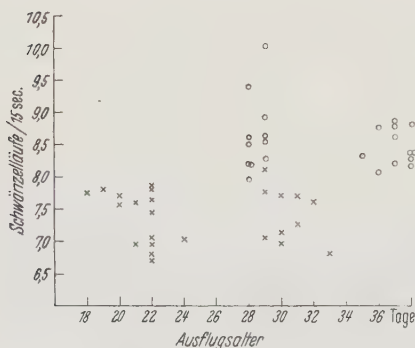


Abb. 6. Korrelation zwischen Tanztempo und Ausflugsalter. Nach Versuchen 1955. Ordinate: Mittelwerte der einzelnen Bienen in Schwl. je 15 sec. Abszisse: Ausflugsalter in Tagen. Werte von Volk A x, Werte von Volk B o

bedingt (KLEBER 1935). — Wind aus N—NW—W herrschte vor, das bedeutete für die Bienen Mit- bzw. Seitenwind auf dem Weg zum Futterplatz. Die Windstärke schwankte zwischen 0,5 und 1,5 m/sec. v. FRISCH (1948) schreibt, daß ganze Völker derselben Rasse zu einem etwas langsameren oder etwas schnelleren Tanztempo neigen. Ein derartiger Unterschied zeigte sich auch zwischen Volk A und Volk B. Es schien daher ratsam, sie bei der statistischen Auswertung gesondert zu behandeln und die Ergebnisse dann miteinander zu vergleichen.

Von Volk A wurden insgesamt 27 Bienen am Futterplatz individuell nummeriert. Sie gehörten zu den zwischen 3. und 5. 7. mit Tagesfarben versehenen Frischgeschlüpften (0—24 Std alt) und erschienen im Alter vom 18—33 Tagen zum erstenmal am Futterplatz. Aus Volk B, das den schnelleren Tanzrhythmus aufweist, beobachtete ich insgesamt 25 Bienen, zwischen 16. und 19. 7. gleichfalls im Alter von 0—24 Std dem Volk im Beobachtungskasten zugesetzt. Ihre individuelle Markierung erfolgte in 2 Gruppen, und zwar am 13. bzw 22. 8. 55.

Ich wollte wissen, ob das Alter, in dem eine Sammelbiene erstmals auf Tracht fliegt, entscheidend sei für ihr Tanztempo, ob also eine Korrelation bestünde zwischen der Tanzgeschwindigkeit einer Biene und ihrem Ausflugsalter. Wegen des starken Rhythmusabfalles während des 1. Flugtages ließ ich die an diesem Tage aufgezeichneten Tänze bei der Berechnung des Mittelwertes weg. So ergibt sich die Zahl der Beobachtungspaare zu 25 für Volk A, zu 23 für Volk B. Die statistischen Daten:

Volk A: $r_1 = -0,243$.

Die Zufallshöchstgrenze für r liegt bei 25 Beobachtungspaaren bei 0,574, der errechnete Wert also weit darunter.

Volk B: $r_1 = -0,288$,

dem von Volk A sehr nahe. Für 23 Beobachtungspaare ist der Zufallshöchstwert von $r = 0,596$.

Damit ich feststellen konnte, ob der Unterschied zwischen r_1 und r_2 noch im Bereich des Zufalls liegt, mußte erst eine Überführung der Korrelationskoeffizienten r in die Korrelationsziffern z erfolgen. Die z -Werte wurden aus KOLLER (1940) entnommen. Größter Zufallswert für $z_1 - z_2$ bei $n_1 = 25$ und $n_2 = 23$ Wertepaaren = 0,95, der errechnete Wert 0,049 liegt weit darunter. Die Beobachtungen an Volk A und Volk B können demnach im Hinblick auf den untersuchten Zusammenhang als Stichproben desselben Grundmaterials betrachtet werden.

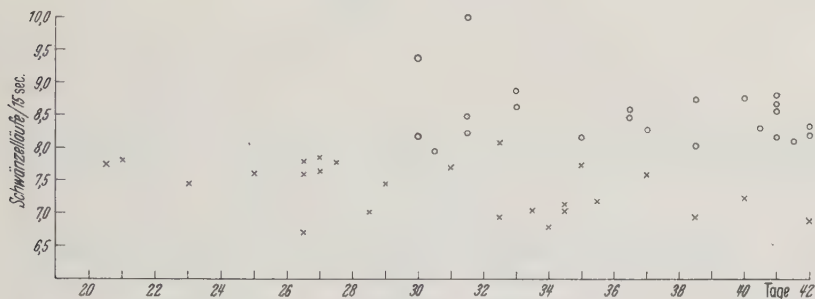


Abb. 7. Korrelation zwischen Entfernungsangabe und Alter während der Beobachtungszeit (= Lebensalter in Tagen, vom Schlüpfen an gerechnet). Nach Versuchen 1955. Abszisse: Mittleres Alter während der Beobachtungszeit in Tagen. Ordinate: Mittelwerte der einzelnen Bienen in Schwl./15 sec. Volk A (×); Volk B (○)

Abb. 6 zeigt das Tanztempo in Abhängigkeit vom Ausflugsalter. Es konnte keine Abhängigkeit der Tanzgeschwindigkeit vom Ausflugsalter festgestellt werden. Es wäre aber auch möglich, daß das Alter während der Beobachtungszeit bestimmend für den Tanzrhythmus einer Sammelbiene ist. Wie vorhin errechnete ich die Korrelationskoeffizienten für Volk A und Volk B gesondert.

Volk A: $r_1 = -0,419$; $P_1 = 0,04$ (25 Beobachtungspaare),

Volk B: $r_2 = -0,231$; $P_2 = 0,29$ (23 Beobachtungspaare).

Bei beiden Völkern liegt der errechnete Korrelationskoeffizient unter dem entsprechenden Zufallshöchstwert. Es besteht demnach kein Zusammenhang zwischen Rhythmus und Alter während der Beobachtungszeit. Vergleich der Korrelationskoeffizienten: Für $n_1 = 25$ und $n_2 = 23$ beträgt die größte Zufallsdifferenz der Korrelationsziffern $z_1 - z_2$ 0,95, der errechnete Wert 0,211 liegt weit darunter.

Abb. 7 gibt das Tanztempo in Abhängigkeit vom Alter während der Beobachtungszeit wieder.

3. Streuung. Im folgenden soll auf einen eventuellen Zusammenhang zwischen Streuung σ einerseits und Flugalter, Ausflugsalter bzw. Alter

während der Beobachtungszeit andererseits geprüft werden. Den Berechnungen liegen Versuchsprotokolle von 1955 zugrunde¹.

a) Korrelation zwischen Streuung bei der Entfernungsangabe und Flugalter. Volk A: $r = -0,55$; $P = 0,012$ (20 Beobachtungspaare);

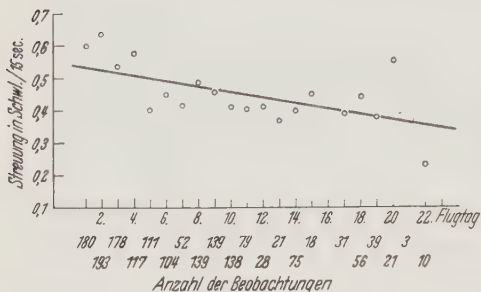


Abb. 8

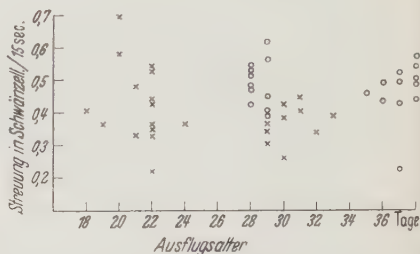


Abb. 9

Abb. 8. Zusammenhang zwischen Flugalter und Streuung bei der Entfernungsangabe. Nach Versuchen 1955. Abszisse: Tag des Sammelns am Futterplatz. Ordinate: Streuung in Schw./15 sec. Regressionsgrade eingetragen. n = Anzahl der am betreffenden Flugtag gestoppten Tänze

Abb. 9. Zusammenhang zwischen Ausflugsalter und Streuung bei der Entfernungsangabe. Nach Versuchen 1955. Werte von Volk A $\times$, Werte von Volk B $\circ$. Abszisse: Ausflugsalter der einzelnen Bienen in Tagen. Ordinate: Streuung in Schw./15 sec

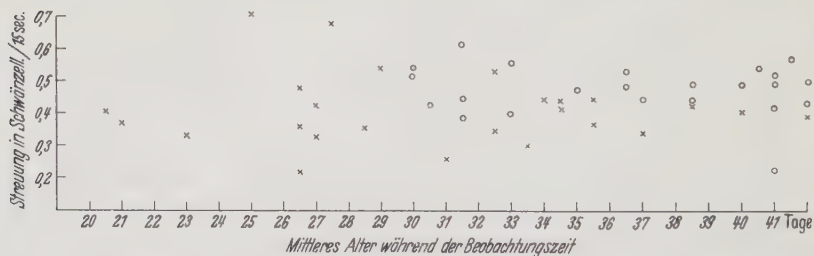


Abb. 10. Korrelation zwischen Alter während der Beobachtungszeit und Streuung bei der Entfernungsangabe. Nach Versuchen 1955. Werte von Volk A $\times$, Werte von Volk B $\circ$. Abszisse: Mittleres Alter während der Beobachtungszeit in Tagen. Ordinate: Streuung in Schw./15 sec

Zufallshöchstwert für $r = 0,634$, d. h., die Wahrscheinlichkeit, daß die Streuung bei der Entfernungsangabe sich mit zunehmendem Flugalter vermindert, beträgt etwa 99%.

b) Zusammenhang zwischen Streuung im Rhythmus und Ausflugsalter. Die Ergebnisse von Volk A und Volk B wurden zusammengefaßt: $r = +0,0843$; Zufallshöchstwert für r bei 48 Beobachtungspaaren = 0,424. Der errechnete r -Wert ist wesentlich niedriger. Demnach besteht

¹ Im Abschnitt Methode wurde erwähnt, daß meist 8–10 Schwänzelläufe gestoppt wurden, bei Volk A und Volk B 1955 in 80% (= 2300 Einzelmessungen) der protokollierten Tänze.

kein Zusammenhang zwischen der Streuung im Rhythmus und dem Alter beim erstmaligen Erscheinen am Futterplatz.

c) Korrelation zwischen Streuung im Rhythmus und mittlerem Lebensalter während der Beobachtungszeit. Die Werte von Volk A und Volk B wurden zusammengefaßt: $r = +0,107$ (48 Beobachtungspaare). Bei 48 Beobachtungspaaren Zufallshöchstwert für $r = 0,424$. Der errechnete r -Wert liegt mit $+0,107$ wesentlich niedriger. Es besteht demnach kein Zusammenhang zwischen der Streuung im Rhythmus und dem mittleren Lebensalter während der Beobachtungszeit.

Abb. 8—10 bringen die graphische Darstellung der σ -Werte.

B. Richtungsangabe

I. Individuelle Unterschiede

Es wird untersucht, ob und in welchem Ausmaß individuelle Unterschiede bei der Richtungsangabe vorliegen. Nach v. FRISCH (1948, 1957) fliegen nämlich bei „Fächerversuchen“ durchaus nicht alle Neulinge am Duftköder in Richtung zum Futterplatz an. Ich wollte also wissen, ob die verhältnismäßig große Streuung der Neulingsanflüge auf Ungenauigkeiten seitens der Tänzerinnen zurückgehen könnten, sei es auf Schwankungen im allgemeinen oder unterschiedliches Verhalten der einzelnen Sammelbienen. Die ersten Ergebnisse brachten Versuche im September 1953 im Botanischen Garten München.

Der Schutzdeckel des Beobachtungsstockes wurde stets auf der nach NO gerichteten Seite entfernt. Um zu verhüten, daß die Bienen während der Richtungsmessung des blauen Himmels ansichtig wurden, befestigte ich am Rahmen des Stockes ein weißes Tuch. Bei der Auswahl der Werte ging ich ähnlich vor wie bei den Protokollen über Entfernungsangabe. Es wurden Sammlerinnen verglichen, die an denselben Tagen am Futterplatz verkehrten. Windrichtung und -stärke glaubte ich vernachlässigen zu dürfen, denn einmal lag die Flugbahn an sich ziemlich windgeschützt, zum anderen standen alle Bienen unter denselben Bedingungen. In dem von v. FRISCH (1950) durchgeführten „Umwegversuch“ wiesen die Tänzerinnen direkt die Richtung zur Futterstelle, obwohl sie diese niemals geflogen waren. Nach v. FRISCH und LINDAUER (1955) kompensiert eine Sammelbiene, die auf dem Weg zum Futterplatz Seitenwind hat, die Abtrift dadurch, daß sie die Körperlängsachse schräg zum Wind stellt. Sie sieht so die Sonne unter einem anderen Winkel als bei Windstille. Dennoch gibt sie beim Tanz die für Windstille gültige Richtung an. Die Tanzwinkel wurden, beginnend mit der Richtung nach oben, entgegen dem Uhrzeigersinn von $0-360^\circ$ durchlaufend abgelesen.

Erklärung der im folgenden gebrauchten Abkürzungen: r. (rechts) bzw. +: Abweichung des Tanzwinkels vom Sonnenwinkel im Uhrzeigersinn; l. (links) bzw. -: Abweichen entgegen dem Uhrzeigersinn.

Bei den 1953 durchgeführten Versuchen lag die Richtung Stock—Futterplatz immer links von der Richtung Stock—Sonne. Abweichen im Uhrzeigersinn bedeutet daher, daß die Sammlerin beim Tanz einen

kleineren Winkel angab, als es dem Sonnenwinkel entsprochen hätte, Abweichen *gegen* den Uhrzeigersinn, daß der angegebene Winkel zu groß war. Bei Abweichen *im* Uhrzeigersinn wies die Biene rechts vom

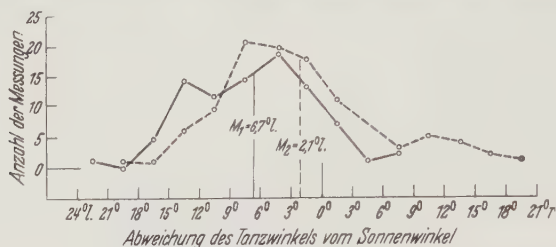


Abb. 11. Verteilung der Einzelwerte von Biene Nr. 211 (ausgezogene Kurve) und Biene Nr. 391 (gestrichelte Kurve) für die Zeit vom 14.—18. 8. 53. Abszisse: Klassengrenzen als Abweichung des Tanzwinkels vom Sonnenwinkel in Grad. Ordinate: Anzahl der Tänze, die auf die einzelnen Klassen entfällt. Die senkrechten Linien geben die Mittelwerte der Bienen an

Futterplatz vorbei, bei Abweichen *entgegen* dem Uhrzeigersinn links. Insgesamt beobachtete ich im September 1953 13 Bienen. Bei unter oben aufgeführten Bedingungen insgesamt 43 Vergleichsmöglichkeiten

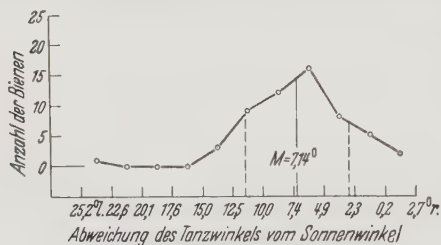


Abb. 12. Verteilung der Richtungsmittelwerte der Sammelbienen aus den Jahren 1953 und 1955. Nach Versuchen im Botanischen Garten München. Azimut des Futterplatzes = 132° ö. v. N. Abszisse: Klassengrenzen in Grad als Abweichung des Tanzwinkels vom Sonnenwinkel¹. Ordinate: Anzahl der Bienen, deren Mittelwerte in die jeweiligen Klassen fallen. Die vertikal ausgezogene Linie kennzeichnet den Gesamtmittelwert, die gestrichelten Linien geben die $\pm\sigma$ -Grenze. Anzahl der beobachteten Bienen = 56. $M \pm 3m = 7,14^\circ \pm 1,72^\circ$; $\sigma = \pm 4,29^\circ$; $n = 56$. Der Gesamtmittelwert $M = 7,14^\circ$ wurde aus den Richtungsmittelwerten der 56 beobachteten Bienen (n) berechnet

ergab sich nur in 8 Fällen ein individueller Unterschied hinsichtlich der Richtungsangabe, d. h. nur in 18,6% aller Möglichkeiten. $n_1 + n_2 =$ Summe der Einzelbeobachtungen an beiden verglichenen Bienen ist stets > 32 . Die kleinste noch sicherbare Mittelwertsdifferenz ergibt sich demnach zu $3\sigma_D$. — Für 1955 ließen sich nach Beobachtungen an Volk A und Volk B in 12 von 66 Vergleichsmöglichkeiten (= 18,2%) individuelle Unterschiede sichern.

Die Ergebnisse beider Jahre zusammengefaßt: in 20

von 109 Möglichkeiten (= 18,4%), wesentlich weniger als für die Entfernungsangabe (51,9%)¹.

¹ Individuelle Unterschiede bei der Richtungsweisung waren an sich kaum zu erwarten. Die dennoch festgestellten (s. auch Abb. 11) hängen möglicherweise mit der noch nicht geklärten „Restmaßweisung“ zusammen, über die z. Z. im hiesigen Institut Arbeiten im Gange sind.

Die statistischen Daten zweier Bienen, zwischen denen hinsichtlich Richtungsweisung ein Unterschied gesichert werden konnte (Beobachtungszeit 14.—18. 9. 53):

$$\begin{aligned} \text{Biene Nr. 211: } M_1 \pm 3m_1 &= 6,62^\circ \text{ l. } \pm 1,89^\circ \\ \sigma_1 &= \pm 5,87^\circ \\ n_1 &= 87 \\ \text{Biene Nr. 391: } M_2 \pm 3m_2 &= 2,29^\circ \text{ l. } \pm 2,10^\circ \\ \sigma_2 &= \pm 7,41^\circ \\ n_2 &= 112 \end{aligned}$$

Abb. 11 zeigt die Verteilung dieser 87 bzw. 112 Einzelwerte. Die Kurve für Nr. 211 beginnt weiter im negativen Bereich, während die von Nr. 391 sich weiter in den positiven Bereich erstreckt. Diese unterschiedliche Verteilung kommt auch in der Lage der Mittelwerte zum Ausdruck.

Abb. 12 bringt die Verteilung der Richtungsmittelwerte von 56 in den Jahren 1953 und 1955 im Botanischen Garten untersuchten Bienen. Die statistischen Daten: $M \pm 3m = -7,14^\circ \text{ l. } \pm 1,72^\circ$; $\sigma = \pm 4,29^\circ$. Mittelwert und häufigster Wert fallen nicht zusammen. Schiefe $\rho = -0,767$.

II. Einfluß des Alters

1. Flugalter. In Abschnitt AII wurde das Verhalten einer neu angeworbenen Sammelbiene hinsichtlich Entfernungsangabe geschildert.

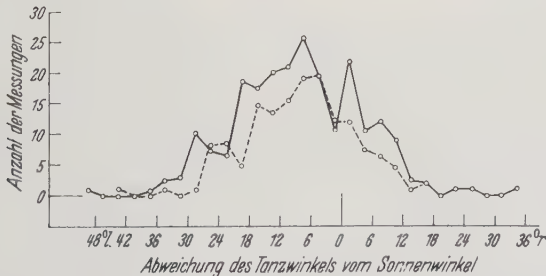


Abb. 13. Verteilung der Einzelwerte aus dem Versuch vom 13. 8. 55. Neulinge: 225 Einzelbeobachtungen an 13 Bienen (ausgezogene Kurve). Eingeflogene Bienen: 152 Einzelbeobachtungen an 7 Bienen (gestrichelte Kurve). Abszisse: Abweichung des Tanzwinkels vom Sonnenwinkel in Grad. Klassenbreite = 3° . Ordinate: Anzahl der Tänze, die auf die jeweilige Klasse trifft

Liegen nun bei der Richtungsweisung ähnliche Unterschiede zwischen Neulingen und am Futterplatz eingeflogenen Sammlerinnen vor? Zur Beantwortung dieser Frage führte ich 1953 und 1955 Versuche aus.

Neulinge weisen im Mittel die gleiche Richtung wie eingeflogene Bienen (s. auch Abb. 13). Hierfür wären 2 Erklärungsmöglichkeiten denkbar. Entweder ist den Bienen die Fähigkeit der Richtungsweisung unter Benutzung der Sonne als Kompaß angeboren, oder aber sie hatten

im ersten Abschnitt ihres Daseins Gelegenheit, den täglichen Gang der Sonne zu erlernen. Versuche von LINDAUER (1957) sprechen für die zweite Deutung. Nimmt mit höherem Flugalter die Genauigkeit bei der



Abb. 14a. Zusammenhang zwischen Flugalter und Richtungsangabe. Volk A 1955. Azimut des Futterplatzes 132° ö.v.N. Abszisse: Flugalter in Tagen. n an jeweiligem Flugtag. Ordinate: Mittelwerte als Abweichung des Tanzwinkels vom Sonnenwinkel in Grad

Richtungsweisung zu, d. h. nähern sich die Tagesmittel der Tanzwinkel um so mehr dem Sonnenwinkel, je länger eine Sammelbiene am Futterplatz verkehrt? Die einschlägigen Versuche wurden 1955 an Volk A

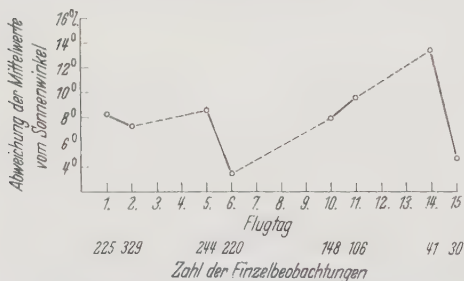


Abb. 14b. Zusammenhang zwischen Flugalter und Richtungsangabe. Volk B 1955. Abszisse: Flugalter in Tagen. n an jeweiligem Flugtag. Ordinate: Mittelwerte als Abweichung des Tanzwinkels vom Sonnenwinkel in Grad. 1. Flugtag für sämtliche 13 Bienen 13. 8. 55, 1343 Einzelbeobachtungen

und Volk B durchgeführt. Die Witterungsverhältnisse während dieser Zeit: Temperatur $19-24^\circ\text{C}$, Wind vorwiegend $0,5-1$ m/sec N—NW—W. Abb. 14a und b zeigen die täglichen Richtungsmittelwerte von Volk A und Volk B in Abhängigkeit vom Flugalter¹. Die Richtungsmittelwerte (Volk A: $-0,89^\circ \leq M \leq -13,90^\circ$; Volk B: $-3,37^\circ \leq M \leq -13,13^\circ$) verteilen sich bei beiden Völkern nicht gesetzmäßig über das Flugalter.

Abb. 15 zeigt die täglichen Richtungsmittelwerte zweier Bienen, zwischen denen ein Unterschied in der Richtungsweisung statistisch gesichert werden konnte. Beide Tiere untersuchte ich im September 1953. Auffallend ist der parallele Verlauf der beiden Kurven.

¹ Unter dem „täglichen Richtungsmittelwert“ verstehe ich dabei das Mittel aus den an einem bestimmten Tag gewonnenen Einzelbeobachtungen.

2. Absolutes Alter. Vorversuche, im September 1953 im Botanischen Garten München durchgeführt, deuteten auf Unabhängigkeit der Genauigkeit bei der Richtungsweisung vom absoluten Alter. Weitere Versuche folgten im Sommer 1955.

Biene Nr. 304: Zahl der Einzelbeobachtungen

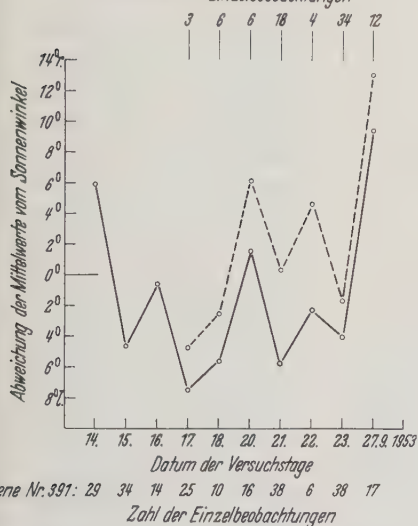


Abb. 15. Tägliche Richtungsmittelwerte von Biene Nr. 391 (ausgezogene Kurve) und Biene Nr. 304 (gestrichelte Kurve) im Verlauf der Sammeltätigkeit. Nach Versuchen im September 1953. Zwischen beiden Bienen konnte ein Unterschied in der Richtungsweisung statistisch gesichert werden. Abszisse: Datum der einzelnen Versuchstage, n. Ordinate: Abweichung der Richtungsmittelwerte vom Sonnenwinkel in Grad

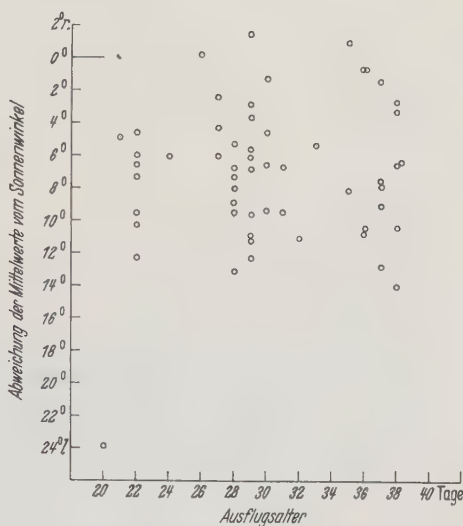


Abb. 16. Korrelation zwischen Richtungsweisung (Mittelwerte) und Ausflugsalter. Nach Versuchen an Volk A und Volk B 1955 und dem 1953 beobachteten Volk. 4226 Einzelbeobachtungen an 56 Bienen. Jeder Punkt entspricht dem Wert einer Biene. Abszisse: Ausflugsalter in Tagen. Ordinate: Richtungsmittelwerte als Abweichung des Tanzwinkels vom Sonnenwinkel in Grad

Volk A. Ich beobachtete aus diesem Volk 18 Bienen hinsichtlich Richtungsweisung. Acht von ihnen hatten sich zwischen 24. und 26. 7. zum erstenmal am Futterplatz sehen lassen, 8 am 1. bzw. 2. 8., die restlichen 2 begannen am 4. 8. ihre Tätigkeit als Sammelbienen.

Die 25 Bienen aus **Volk B** wurden in 2 Gruppen individuell markiert, 13 am 13. 8., die übrigen am 22. 8. Leider mußte ich am 28. 8. die Versuche für dieses Jahr beenden.

Die Witterungsverhältnisse: Wind durchschnittlich 0,5—1 m/sec N—NW—W. Vereinzelt Böen. Temperatur zwischen 18 und 25°C. Die verhältnismäßig kurzen täglichen Beflugszeiten lassen sich vermutlich durch die Versuche von KLEBER (1935) über die Bestzeiten der Nektarsekretion im Botanischen Garten erklären.

Da die Richtung Stock—Futterplatz im September 1953 dieselbe war wie 1955, wurden die Versuchsergebnisse aus beiden Jahren zusammengefaßt. Das Ausflugsalter der einzelnen Bienen schwankte zwischen 20 und 38 Tagen. Abb. 16

bringt die graphische Darstellung der Richtungsmittelwerte als Funktion des Ausflugsalters. Jeder Punkt stellt das Ergebnis für eine Biene dar. Korrelationskoeffizient $r = +0,141$.

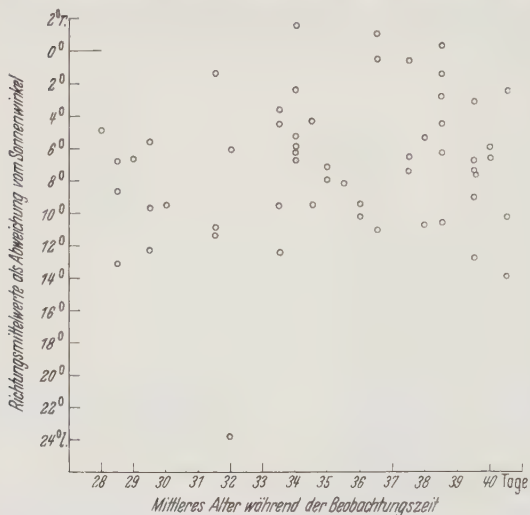


Abb. 17. Korrelation zwischen Richtungsweisung (Mittelwerte) und mittlerem Lebensalter während der Beobachtungszeit. Nach Versuchen 1953 und 1955. Abszisse: Mittleres Alter während der Beobachtungszeit in Tagen. Ordinate: Richtungsmittelwerte als Abweichung des Tanzwinkels vom Sonnenwinkel in Grad

Bei 56 Beobachtungspaaren liegt der Zufallshöchstwert für r bei 0,43, der errechnete Wert weit darunter. Es besteht demnach, nach dem Mittelwert beurteilt, keine Abhängigkeit der Genauigkeit bei der Richtungsweisung vom Alter, in dem eine Sammlerin erstmals auf Tracht fliegt.

In Abb. 17 wurden die Richtungsmittelwerte in Abhängigkeit vom mittleren Lebensalter während der Beobachtungszeit aufgetragen. Das Alter während der Beobachtungszeit

schwankt zwischen 26 und 47 Tagen, das für jede einzelne der 56 Bienen berechnete Mittel zwischen 28 und 40,5 Tagen. Korrelations-

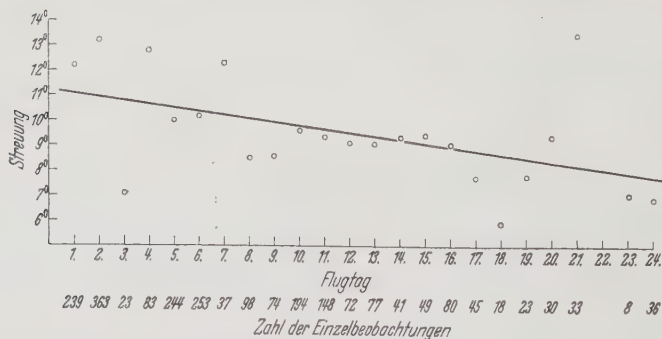


Abb. 18. Korrelation zwischen Flugalter und Streuung bei der Richtungsangabe. Volk A und Volk B 1955. Abszisse: Flugalter in Tagen. n an jeweiligem Flugtag. Ordinate: Streuung an den einzelnen Tagen in Grad. Der Kurve liegen im ganzen 2263 Werte zugrunde. Regressionsgrade eingetragen

koeffizient $r = +0,155$. Zufallshöchstwert für r bei 56 Beobachtungspaaren $= 0,43$, das errechnete r weit niedriger. Demnach besteht

kein Zusammenhang zwischen der Genauigkeit der Richtungsmittelwerte (als Abweichung des Tanzwinkels vom Sonnenwinkel in Grad) und dem mittleren Lebensalter während der Beobachtungszeit.

3. Streuung. Es wird auf eventuellen Zusammenhang zwischen Streuung σ einerseits und Flugalter, Ausflugsalter bzw. Alter während der Beobachtungszeit andererseits geprüft. Den Berechnungen liegen Versuchsprotokolle von 1955 zugrunde.

a) *Korrelation zwischen Streuung bei der Richtungsweisung und Flugalter.* σ -Werte von Volk A und Volk B zusammengefaßt (WEBER 1948). Abb. 18 zeigt die graphische Darstellung der σ -Werte in Abhängigkeit vom Flugalter. Korrelationskoeffizient $r = -0,46$. Für 23 Beobachtungspaare liegt der Zufallshöchstwert des Korrelationskoeffizienten bei 0,596, der errechnete Wert $-0,46$ ist etwas niedriger. Er entspricht einer Wahrscheinlichkeit von etwa 97 % ($P = 0,026$).

Aus einem später noch zu besprechenden

Grund berechne ich r und P auch für die Beobachtungen an Volk B. Zahl der Beobachtungspaare = 8; Korrelationskoeffizient $r = -0,825$. Zufallshöchstwert für r bei 8 Beobachtungspaaren 0,894. $P = 0,014$.

Die Streuung bei der Richtungsweisung nimmt demnach mit großer Wahrscheinlichkeit im Lauf der Sammeltätigkeit ab. Eine gewisse Schwankung bleibt jedoch stets erhalten.

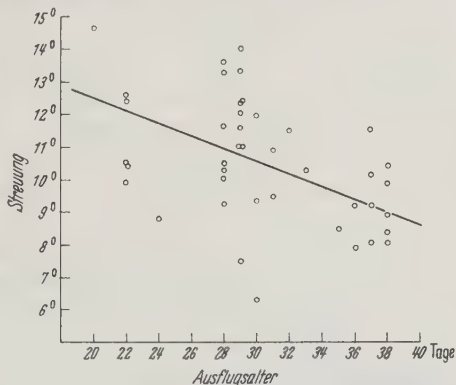


Abb. 19. Zusammenhang zwischen Streuung bei der Richtungsweisung und Flugalter. Volk A und Volk B 1955. Beobachtungen an 42 Bienen. Abszisse: Ausflugsalter der Bienen in Tagen. Ordinate: Streuung in Grad. Regressionsgerade eingetragen

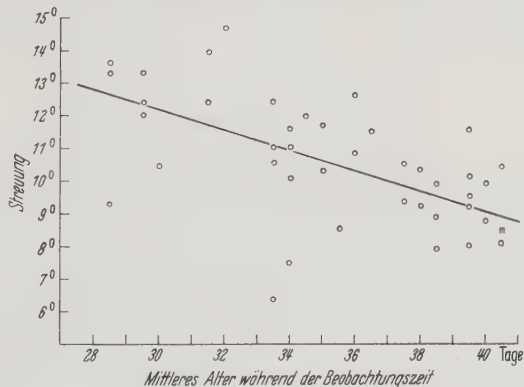


Abb. 20. Zusammenhang zwischen Streuung bei der Richtungsweisung und mittlerem Lebensalter während der Beobachtungszeit. Nach Versuchen an Volk A und Volk B 1955. 42 Bienen beobachtet. Abszisse: Mittleres Alter während der Beobachtungszeit in Tagen. Ordinate: Streuung in Grad. Regressionsgerade eingetragen

b) *Korrelation zwischen Streuung bei der Richtungsweisung und Ausflugsalter*. Werte von Volk A und Volk B 1955 zusammengefaßt. Abb. 19 bringt die graphische Darstellung. Korrelationskoeffizient $r = -0,483$. Bei 42 Beobachtungspaaren liegt der Zufallshöchstwert für r bei 0,451, das errechnete r also höher. Die Streuung bei der Richtungsweisung nimmt demnach mit zunehmendem Ausflugsalter einer Sammelbiene ab.

c) *Korrelation zwischen Streuung bei der Richtungsweisung und mittlerem Alter während der Beobachtungszeit*. Streuungswerte von Volk A und Volk B 1955 zusammengefaßt. Abb. 20 bringt die graphische Darstellung. Korrelationskoeffizient $r = -0,595$. Er liegt wie oben höher als der Zufallshöchstwert 0,451 (42 Beobachtungspaare), mit anderen Worten: Die Streuung bei der Richtungsweisung nimmt mit höherem Alter während der herausgegriffenen Beobachtungszeit ab¹.

Mit zunehmendem Sammelalter erhöht sich auch das Alter während der herausgegriffenen Beobachtungsperiode. Beim Berechnen des Korrelationskoeffizienten hinsichtlich einer Abhängigkeit Streuung—Flugalter ergab sich für Volk A und Volk B nur eine Wahrscheinlichkeit von etwa 97%. Die Bienen hatten allerdings verschiedenes Ausflugsalter. Daher erfolgte, mit ähnlichem Ergebnis, noch die Berechnung von r nach Beobachtungen an fast gleichaltrigen (s. oben; Ausflugsalter 28 bzw. 29 Tage, 1. Flugtag 13. 8. 53) aus Volk B. $P = 0,014$.

C. Machen sich die Unterschiede im Tanzrhythmus bei den Anflügen der Neulinge bemerkbar?

Im Abschnitt A vorliegender Arbeit wurde festgestellt, daß zwischen Bienen, die zur selben Zeit am gleichen Futterplatz Zuckerwasser sammeln, nicht unbeträchtliche individuelle Unterschiede im Tanztempo bestehen, für 1953 und 1955 in 40 von 77 Vergleichsmöglichkeiten ($= 51,9\%$) $t > 3$, ein Unterschied in der Entfernungsangabe also statistisch gesichert. Vergleicht man hiermit die Ergebnisse der „Stufenversuche“ von v. FRISCH, so liegt die Vermutung nahe, daß die Verteilung der alarmierten Neulinge auf die Duftplatten mit dem unterschiedlichen Tanztempo in Zusammenhang stehen könnte. Ist dies tatsächlich der Fall, so muß der Anflug der Neulinge dadurch in bestimmter Weise zu lenken sein, daß man am Futterplatz Flugbienen mit genau bekanntem Tanztempo Zuckerwasser saugen läßt. Tanzen diese anschließend im Stock besonders rasch, dann müßten an einer Duftplatte, die näher beim Stock liegt als der Futterplatz, mehr Neulinge erscheinen als an einer weiter entfernten. Werben dagegen Bienen mit einem auf-

¹ Ausgedrückt wird die Tendenz, mit der sich ein Faktor ändert, durch das Vorzeichen des Korrelationskoeffizienten. Beim Einzeichnen der Regressionsgeraden kommt dies durch Steigen ($r +$) bzw. Fallen ($r -$) der Regressionsgeraden zum Ausdruck.

fallend langsamen Rhythmus, dann müßte die weiter entfernte Duftplatte bevorzugt werden¹.

Ansätze zur Klärung dieser Frage brachten Versuche 1956 im Forstenrieder Park bei München (Versuchsgelände s. BOCH 1956). Bei den ersten beiden Versuchen warb eine Sammelschar mit besonders langsamem Tanztempo, bei Versuch 3 und 4 kamen die Schnellen an die Reihe. Als Abstand Stock—Futterplatz wählte ich wie bisher 200 m. Die Duftköder ohne Futter wurden in einer Entfernung von 160 m bzw. 240 m vom Stock aufgestellt. Dies entspricht nach v. FRISCH (1953) etwa den Mittelwerten der verhältnismäßig schnell bzw. langsam tanzenden Schar.

Die Versuchsanordnung wählte ich ähnlich wie bei FISCHER (1957) beschrieben. Duft (Lavendel) wurde in mit Gittern bedeckten Gläschchen geboten. Am Futterplatz fing ich die Neulinge weg, damit sie nicht durch die Folgen ihrer Werbetänze stören konnten. Während der Versuche und während des Protokollierens der Tänze für die Auswahl der geeigneten Bienen wurde zweimolare Zuckerlösung gefüttert.

1. Versuch am 26. 7. 56. Zur Vorbereitung wurden am 23. 7. von 8¹³ bis 13⁵⁶ Uhr 232 Tänze von 24 Bienen gestoppt. 4 Tiere, von denen ich nur einige Tänze aufzeichnen konnte, fielen für die weitere Auswertung weg. Die anderen wurden in die Gruppen S (schnell), M (mittel) und L (langsam) eingeteilt. (Wegen schlechten Wetters 1. Versuch erst am 26. 7.)

Die statistischen Daten:

Gruppe S (4 Bienen):	$M_S \pm 3m_S = 8,69 \pm 0,247$ Schw./15 sec
	$\sigma_S = \pm 0,56$ Schw./15 sec
	$n_S = 46$
Gruppe M (7 Bienen):	$M_M \pm 3m_M = 7,91 \pm 0,134$ Schw./15 sec
	$\sigma_M = \pm 0,42$ Schw./15 sec
	$n_M = 88$
Gruppe L (9 Bienen):	$M_L \pm 3m_L = 7,73 \pm 0,131$ Schw./15 sec
	$\sigma_L = \pm 0,40$ Schw./15 sec
	$n_L = 82$

Die Vergleichswerte: $t_{S/M} = 9,14$
 $t_{S/L} = 11,6$
 $t_{M/L} = 2,9$.

Unterschied S/M und S/L statistisch gesichert, M/L wegen $t = 2,9$ noch im Zufallsbereich.

Am 26. 7. ab 7¹⁵ Uhr Fütterung mit 0,5molarer Zuckerlösung (zur Verhinderung von Tänzen vor Versuchsbeginn). Versuchsdauer: 8⁴⁵—12 Uhr. Fast windstill. Am Futterplatz 7 Bienen von Gruppe L.

2. Versuch am 27. 7. 56. Fütterung ab 6³⁰ Uhr mit 0,5molarer Lösung, ab 7⁵⁰ Uhr 0,25molare. Versuchsdauer: 8¹⁵—12¹⁵ Uhr. Fast windstill. 5 Bienen regelmäßig am Futterplatz. Da der oben aufgeführte Rhythmuswert für Schar L

¹ BOCH (1957) führte entsprechende Versuche mit verschiedenen Rassen der Art *Apis mellifica* durch. Bei der Verteilung der Anflüge ergaben sich Mißverständnisse, da die Vertreter jeder Rasse das Tanztempo der anderen dem eigenen „Dialekt“ gemäß deuteten.

($M_L = 7,73$ Schw./15 sec) immerhin schon aus Tänzen vom 23. 7. berechnet worden war, stoppte ich zur Kontrolle von 12⁵⁰—13³⁷ Uhr nochmals 50 Tänze der restlichen Gruppe. Die statistischen Daten vom 27. 7.:

$$M_2 \pm 3m_2 = 7,64 \pm 0,138 \text{ Schw./15 sec} \\ \sigma_2 = \pm 0,324 \text{ Schw./15 sec.}$$

Vergleich 23./27. 7.: $t = 1,42$.

3. Versuch am 29. 7. 56. Zur Vorbereitung am 28. 7. von 8²⁷—13 Uhr 240 Tänze von 27 Bienen gestoppt. Die statistischen Daten:

$$\text{Gruppe S (7 Bienen): } M_S \pm 3m_S = 8,80 \pm 0,172 \text{ Schw./15 sec} \\ \sigma_S = \pm 0,57 \text{ Schw./15 sec} \\ n_S = 98$$

$$\text{Gruppe M (9 Bienen): } M_M \pm 3m_M = 8,03 \pm 0,207 \text{ Schw./15 sec} \\ \sigma_M = \pm 0,50 \text{ Schw./15 sec} \\ n_M = 53$$

$$\text{Gruppe L (11 Bienen): } M_L \pm 3m_L = 7,66 \pm 0,115 \text{ Schw./15 sec} \\ \sigma_L = \pm 0,36 \text{ Schw./15 sec} \\ n_L = 89$$

Die Vergleichswerte: $t_{S/M} = 8,2$; $t_{S/L} = 14,2$; $t_{M/L} = 5,16$.

Am 29. 7. ab 6⁵⁰ Uhr Fütterung mit 0,5molarer Zuckerlösung, ab 9³⁰ Uhr mit 0,25molarer. Versuchsdauer: 10²⁰—13 Uhr. 6 Bienen von Schar S flogen regelmäßig. Wind 0—0,5 m/sec, O—NO—S wechselnd.

4. Versuch am 28. 8. 56. Zur Vorbereitung am 27. 8. von 9⁴⁹—12³⁸ Uhr 238 Tänze an 13 Bienen gestoppt. Die statistischen Daten:

$$\text{Gruppe S (6 Bienen): } M_S \pm 3m_S = 8,77 \pm 0,187 \text{ Schw./15 sec} \\ \sigma_S = \pm 0,64 \text{ Schw./15 sec} \\ n_S = 105$$

$$\text{Gruppe M (4 Bienen): } M_M \pm 3m_M = 7,88 \pm 0,168 \text{ Schw./15 sec} \\ \sigma_M = \pm 0,49 \text{ Schw./15 sec} \\ n_M = 78$$

$$\text{Gruppe L (3 Bienen): } M_L \pm 3m_L = 7,73 \pm 0,158 \text{ Schw./15 sec} \\ \sigma_L = \pm 0,39 \text{ Schw./15 sec} \\ n_L = 55$$

Die Vergleichswerte: $t_{S/M} = 10,2$; $t_{S/L} = 11,15$; $t_{M/L} = 1,98$.

Am 28. 8. ab 8¹⁰ Uhr Fütterung mit 0,5molarer Zuckerlösung, ab 8⁵⁰ Uhr wegen schlechten Anflugs Imolare Lösung. Versuchsdauer: 9⁴⁰—11³⁰ Uhr (Abbruch wegen beginnenden Regens). 5 Bienen von Schar S regelmäßig am Futterplatz. Wind 0—0,5 m/sec, vorwiegend NNO—O.

Abb. 21a bis d bringen die Auswertung der Anflugversuche 1—4. Berücksichtigt wurden einmal alle Bienen, die sich an den Duftplatten (auf Gitter und Tischchen) *gesetzt* hatten, in Abb. 21b und d alle *Anflüge* an den Duftplatten (umschwärmt, gesetzt auf Gitter und Tischchen).

Die Auswertung nach beiden Gesichtspunkten ergibt für Versuch 3 und 4 (schnelle Tänzerinnen, Abb. 21c und d) eine starke Bevorzugung der näher gelegenen Duftplatte durch die Neulinge (95,1% bzw. 83,6% der Anflüge). Dagegen entsprechen die Ergebnisse von Versuch 1 und 2 (langsame Tänzerinnen, Abb. 21a und b, links) nicht der Erwartung, da auch hier die nähere Duftplatte bevorzugt wurde, wenn auch in weitaus geringerem Maße (53,1%, bzw. 52,4% der Anflüge).

Ich hatte leider für die Duftplatten eine viel zu hohe Duftkonzentration gewählt. Dadurch mögen viele Neulinge, auch solche mit Tendenz zu weiterem Flug, schon beim Überfliegen der 1. Duftplatte zum Niedergehen veranlaßt worden sein. Ob diese naheliegende Deutung richtig ist, hätte durch weitere Versuche geprüft werden sollen, deren Durchführung mir nicht mehr möglich war. Aber auch so spricht der relative Unterschied im Beflug der näheren und fernen Duftplatte deutlich für einen Einfluß des individuell verschiedenen Tanztempos im erwarteten Sinne.

D. Individuelle Unterschiede in Entfernungs- und Richtungsangabe bei größerem Abstand Stock—Futterplatz

Bei den bisherigen Versuchen hatte ich die Bienen stets an einen Futterplatz in 200 m Entfernung vom Stock dressiert. Wie steht es mit individuellen Unterschieden, wenn man die künstliche Futterquelle stufenweise in größere Entfernung vom Stock verlegt? Die einschlägigen Versuche führte ich im August 1956 im Forstenrieder Park durch, und zwar zuerst für Entfernungsangabe, anschließend für Richtungsweisung.

I. Entfernungsangabe

Am 14. 8. 56 stoppte ich von 8⁴⁹ bis 14⁴⁵ Uhr 200 Tänze von Bienen, die ich tags zuvor am 200 m-Futterplatz individuell numeriert hatte. Gefüttert wurde während der Beobachtungsdauer — dies gilt auch für die folgenden Versuchstage — 2molare Zuckerlösung. Wind durchschnittlich 2,5—3,5 m/sec SW. Bewölkung 50—60 %.

Ich wollte für jede Entfernungsstufe (200—600 m) Gruppe S (schneller als der Volksdurchschnitt tanzend) und Gruppe L (langsamer als der Volksdurchschnitt tanzend) miteinander vergleichen.

Die statistischen Daten (200 m-Futterplatz):

$$\begin{aligned}
 \text{Gruppe S (5 Bienen): } M_S \pm 3m_S &= 8,32 \pm 0,197 \text{ Schw./15 sec} \\
 \sigma_S &= \pm 0,50 \text{ Schw./15 sec} \\
 n_S &= 57 \\
 \text{Gruppe L (8 Bienen): } M_L \pm 3m_L &= 7,43 \pm 0,192 \text{ Schw./15 sec} \\
 \sigma_L &= \pm 0,49 \text{ Schw./15 sec} \\
 n_L &= 58
 \end{aligned}$$

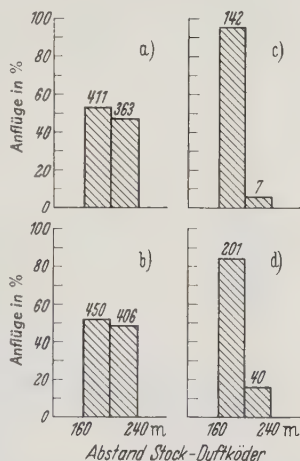


Abb. 21. Auswertung der Stufenversuche im Forstenrieder Park 1956. a und c: Gezählt alle Bienen, die sich an den Duftplatten setzten (auf Gitter und Tischchen). Zahl der Einzelanflüge eingetragen. b und d: Gezählt alle Anflüge an den Duftplatten (umschwärmt, gesetzt auf Gitter und Tischchen). Zahl der Einzelanflüge eingetragen

Statistischer Vergleich: $t_{S/L} = 9,75$, zwischen Gruppe S und Gruppe L Unterschied im Rhythmus also gesichert.

15. 8. 56: Futterplatz in 300 m Entfernung vom Stock. Fütterung ab 7⁰⁵ Uhr. Von 8³²—11⁰² Uhr 110 Tänze gestoppt. Wind durchschnittlich 1 bis 1,5 m/sec W—SW. Bewölkung etwa 30—40%.

Futterplatz bei 400 m: Von 12²¹—14¹⁸ Uhr 110 Tänze gestoppt. Wind durchschnittlich 1,5—2 m/sec SW; Bewölkung etwa 30—40%.

Futterplatz bei 500 m: Von 15²⁰—18⁰² Uhr 101 Tänze gestoppt. Wind von etwa 1,5 m/sec auf etwa 0,5 m/sec abfallend, vorwiegend aus SW; heiter bis wolkenlos.

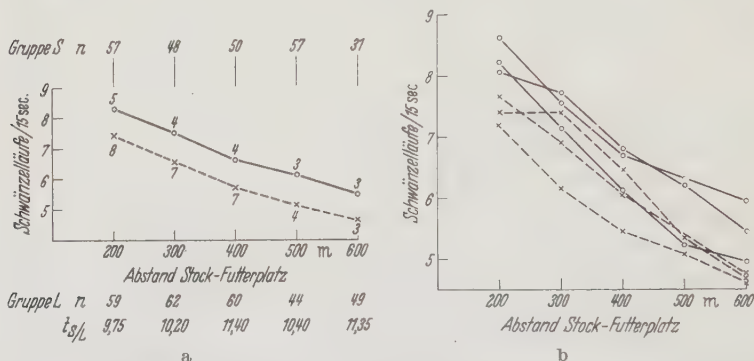


Abb. 22a u. b. a Rhythmusmittelwerte von Gruppe S und Gruppe L für die Entfernungen Stock—Futterplatz 200—600 m. Nach Versuchen vom 13.—16. 8. 56 im Forstenrieder Park. Abszisse: Abstand Stock—Futterplatz. Ordinate: Tanztempo in Schw./15 sec. Unter Entfernung Stock—Futterplatz $t = (M_S - M_L)/\sigma_D$. Zahl der Einzelbeobachtungen eingetragen. Gruppe S (○); Gruppe L (×). Zahlen bei den Kurvenpunkten = Zahl der Bienen, an denen die unten angeführten Einzelbeobachtungen gewonnen wurden. b Rhythmusmittelwerte der einzelnen Bienen von Gruppe S (○) und Gruppe L (×), die bis 600 m beobachtet werden konnten, für die oben erwähnten Entfernungen Stock—Futterplatz

Am 16. 8. 56 ab 7¹⁰ Uhr an der 500 m-Stelle gefüttert. Um 9⁰⁷ Uhr nach stufenweisem Verlegen der Futterquelle 600 m-Futterplatz erreicht. Von 10¹⁴ bis 14⁰² Uhr 80 Tänze gestoppt. Gegen 12 Uhr führten nur noch 3 von den 7 Bienen am Morgen kontinuierliche Tänze auf, kurz darauf nur noch 2, die eine Rest von Schar S, die andere von Schar L.

Abb. 22a bringt die Rhythmusmittelwerte von Gruppe S und Gruppe L für die Entfernungen Stock—Futterplatz 200—600 m. $t_{S/L}$ stets > 3 . Das Tanztempo beider Gruppen verlangsamt sich mit zunehmendem Abstand Stock—Futterplatz. Die Kurven laufen annähernd parallel. In Abb. 22b stellte ich die Mittelwerte der Einzelbienen zusammen, die ich bis 600 m beobachten konnte.

II. Richtungsweisung

Die Versuche wurden vom 18.—22. 8. 56 durchgeführt. Azimut des Futterplatzes 220° ö. v. N. Wegen der tageszeitlichen Abhängigkeit der „Restmißweisung“ war es wichtig, die für jede Entfernung vorgesehene Anzahl von Tänzen in möglichst kurzer Zeit zu gewinnen.

Am 18. 8. notierte ich von 8⁵⁹—13³¹ Uhr¹ die Richtung von 260 Tänz. Sie entfielen auf 19 Sammlerinnen, die am 17. 8. am 200 m-Futterplatz individuell numeriert worden waren. Witterung während der Beobachtungszeit: Wind durchschnittlich 1,5—2 m/sec SW. Bewölkung 50—70 %, Sonne meist verdeckt.

Beim Aufteilen in Gruppen unterschied ich zwischen Bienen, die mehr zum Abweichen *im Uhrzeigersinn* neigten (Gruppe +) und solchen

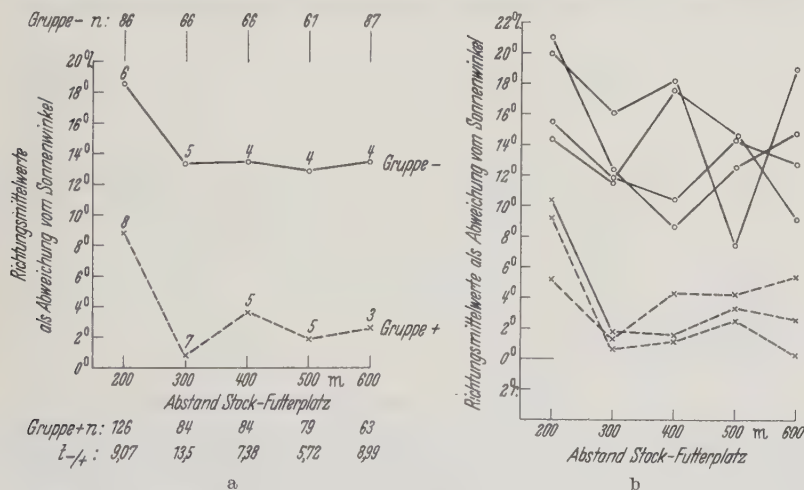


Abb. 23 a u. b. a) Richtungsmitteiwerte von Gruppe - und Gruppe + für die Entfernungen Stock-Futterplatz 200—600 m. Nach Versuchen vom 18.—22. 8. 56. Abszisse: Abstand Stock-Futterplatz. Ordinate: Richtungsmitteiwerte als Abweichung des Tanzwinkels vom Sonnenwinkel in Grad. Unter Entfernung Stock-Futterplatz $t = (M_- - M_+)/\sigma_D$. Zahl der Einzelbeobachtungen eingetragen. Gruppe - (O); Gruppe + (X). Zahlen bei den Kurvenpunkten = Zahl der Bienen, an denen die unten aufgeführten Einzelbeobachtungen gewonnen wurden. b) Richtungsmitteiwerte der einzelnen Bienen aus Gruppe - (O) und Gruppe + (X), die bis 600 m beobachtet werden konnten, für die oben erwähnten

Entfernungen Stock-Futterplatz

die zum Abweichen *entgegen* dem Uhrzeigersinn tendierten (Gruppe -). Tiere, von denen nur ganz wenige Werte vorlagen, und deren Beurteilung daher praktisch nicht möglich war, schieden aus diesem Grunde für die weitere Untersuchung aus.

Das Ergebnis der statistischen Berechnung für den 200 m-Futterplatz:

$$\begin{aligned}
 \text{Gruppe - (6 Bienen): } & M_- \pm 3m_- = 18,53^{\circ} \pm 2,54^{\circ} \\
 & \sigma_- = \pm 7,87^{\circ} \\
 & n_- = 86 \\
 \text{Gruppe + (8 Bienen): } & M_+ \pm 3m_+ = 8,83^{\circ} \pm 2,01^{\circ} \\
 & \sigma_+ = \pm 7,50^{\circ} \\
 & n_+ = 126
 \end{aligned}$$

¹ Die längere Beobachtungszeit war notwendig, da auf Grund der an diesem Tage aufgezeichneten Tänzen erst die für die weiteren Versuche geeigneten Bienen festgestellt werden mußten.

Statistischer Vergleich: $t_{-/+} = 9,07$, der Unterschied zwischen den beiden Gruppen demnach gesichert.

20. 8. 56: Fütterung ab 7⁴⁵ Uhr am 300 m-Futterplatz. Von 8³²—11¹⁰ Uhr Richtungsangabe bei 150 Tänzen festgestellt. Witterungsverhältnisse: Wind 0,5 bis 1,5 m/sec SW, Bewölkung 20—30%, teils sonnig, teils Sonne von Wolken verdeckt.

400 m-Futterplatz: Von 11⁵¹—14⁴⁰ Uhr Richtung von 150 Tänzen bestimmt. Bewölkung 40—50%; Sonne meist von Wolken verdeckt. Wind aus SW und NW wechselnd.

21. 8. 56: Futterplatz bei 500 m: Von 11³⁹—16⁰⁴ Uhr Richtung von 140 Tänzen festgestellt. Wind 1—1,5 m/sec, Bewölkung etwa 40%.

22. 8. 56: Futterplatz bei 600 m. Von 9¹⁴—12⁵⁵ Uhr 150 Tänze protokolliert. Wind 1—2 m/sec, vorwiegend NW, Bewölkung 50—60%, teils sonnig, teils Sonne von Wolken verdeckt.

In Abb. 23a stellte ich die Richtungsmittelwerte von Gruppe + und Gruppe — bei den Entfernungen Stock—Futterplatz 200—600 m zusammen. Die t -Werte sind stets > 3 , der Unterschied in der Richtungsweisung zwischen Gruppe — und Gruppe + auch bei obigen Entfernungen Stock—Futterplatz also statistisch gesichert. Abb. 23b gibt die Richtungsmittelwerte der Einzelbienen aus beiden Gruppen, die ich bis 600 m beobachten konnte.

E. Korrelation zwischen Entfernungs- und Richtungsangabe

Abb. 2 gibt die Verteilung der Rhythmusmittelwerte der einzelnen beobachteten Bienen aus den Jahren 1953, 1955 und 1956 wieder, Abb. 12 die Richtungsmittelwerte der verschiedenen Sammlerinnen aus den Jahren 1953 und 1955. Die Individuen aus Volk A und Volk B 1955 sind in beiden Kurven vertreten. Nun tauchte natürlich die Frage auf, ob die Extreme in Rhythmus- und Richtungskurve auf dieselben Bienen zurückgehen, d. h. ob eine Korrelation zwischen Entfernungs- und Richtungsangabe bestünde.

Abb. 24a gibt die graphische Darstellung für die Bienen aus Volk B. Ein Blick auf diese Darstellung läßt keinen Zusammenhang zwischen beiden genannten Faktoren vermuten. Dies ist rechnerisch zu bestätigen. Korrelationskoeffizient $r = +0,0471$; Zufallshöchstwert bei 23 Beobachtungspaaren = 0,596, der errechnete Wert liegt weit niedriger.

Gegen diese Berechnung könnte jedoch ein Einwand gebracht werden, da die zugrunde liegenden Versuche ja nicht alle zu genau derselben Zeit durchgeführt wurden, unterschiedliche Windrichtung und -stärke an den einzelnen Beobachtungstagen nicht berücksichtigt wurden. Um einem derartigen Einwand zu begegnen, wiederholte ich den Versuch am 2. 9. 56 im Forstenrieder Park. Die Werte für Entfernungs- und Richtungsweisung wurden an Tänzen derselben Bienen gewonnen. Ich hatte die Schar am Tag vorher, am 1. 9., individuell numeriert. Versuch am 2. 9. 56: Ab 8³⁰ Uhr Fütterung mit 2molarer Zuckerlösung am

200 m-Futterplatz. Die Witterungsverhältnisse während der Beobachtungszeit: Wind 0,5—1 m/sec S—SW—W wechselnd; Temperatur 22 bis 23°C. Von 9⁰²—13⁴² Uhr protokollierte ich von je 150 Tänzen Richtung der Schwänzelstrecke bzw. Rhythmus. Nach je 30 Tänzen Wechsel zwischen Entfernungs- und Richtungsaufzeichnung. Die 300 Tänze verteilen sich auf 16 Bienen.

Abb. 24b bringt die graphische Darstellung. Jeder Punkt bedeutet das Ergebnis für eine Biene.

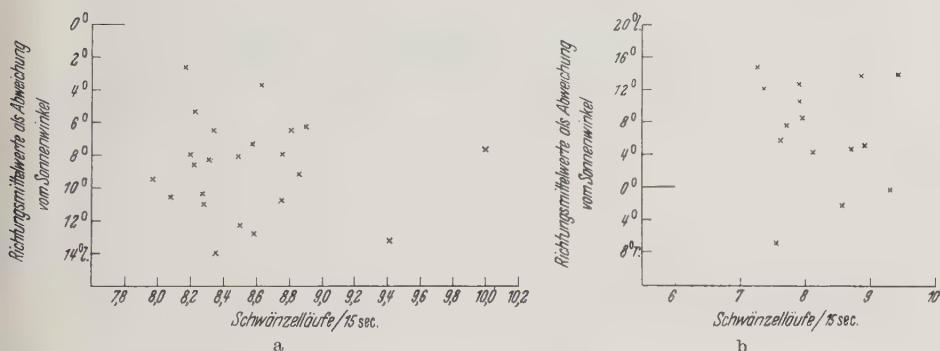


Abb. 24 a u. b. a Korrelation zwischen Entfernungs- und Richtungsweisung. Nach Beobachtungen an Volk B 1955. Abszisse: Tanztempo in Schwl./15 sec. Ordinate: Richtungsmittelwerte als Abweichung des Tanzwinkels vom Sonnenwinkel in Grad. Jeder Punkt stellt den Wert für eine Biene dar. b Korrelation zwischen Entfernungs- und Richtungsangabe. Versuch vom 2. 9. 56. Abszisse: Tanztempo in Schwl./15 sec. Ordinate: Richtungsmittelwerte der 16 untersuchten Bienen

Die Korrelationsrechnung:

$$n_{x,y} = 16$$

$$r = -0,152$$

Zufallshöchstwert von $r = 0,697$, der errechnete Wert liegt weit niedriger.

Ein Zusammenhang zwischen Entfernungs- und Richtungsangabe besteht nach obigen Korrelationsrechnungen nicht. Eine Biene, die extreme Werte im Rhythmus aufweist, also besonders schnell oder besonders langsam tanzt, braucht demnach durchaus nicht zu den Außenseitern bei der Richtungsweisung zu gehören oder umgekehrt.

Zusammenfassung

1. Es bestehen individuelle Unterschiede sowohl bei der Entfernungs- als auch bei der Richtungsangabe der Bienen. Beim Abstand Stock—Futterplatz = 200 m wurde für die Entfernungsangabe in 40 von 77 Vergleichsmöglichkeiten zwischen Bienen, die über mehrere Tage am Futterplatz verkehrten, ein individueller Unterschied festgestellt (=51,9%), für die Richtungsangabe in 20 von 109 Vergleichsmöglichkeiten (=18,4%).

a) Entfernungsangabe: Mit zunehmendem Flugalter verlangsamt sich das Tanztempo (s. auch Abb. 5), die Abnahme der Streuung dagegen liegt noch im Zufallsbereich ($P=0,012$). Tanztempo und Streuung sind unabhängig davon, in welchem Alter eine Sammelbiene erstmals am Futterplatz erscheint.

b) Richtungsangabe: Eine Abhängigkeit der täglichen Richtungsmittelwerte vom Flugalter ließ sich nicht feststellen. Die Abnahme der Streuung mit zunehmendem Flugalter liegt noch im Zufallsbereich ($P=0,014$). Die Abweichung der Richtungsmittelwerte der Einzelbienen vom Sonnenwinkel ist unabhängig vom Alter, in dem eine Sammlerin erstmals am Futterplatz erscheint. Die Streuung bei der Richtungsweisung ist um so geringer, je älter eine Sammlerin beim ersten Trachtflug und während der herausgegriffenen Beobachtungsperiode war.

2. Individuelle Abweichungen bei der Entfernungsweisung sind nicht korreliert mit individuellen Abweichungen bei der Richtungsweisung.

3. Nach Auswahl von Individuen mit besonders schnellem Tanzrhythmus verschiebt sich der Suchbereich der alarmierten Neulinge im erwarteten Sinne.

Literatur

- BAUMGÄRTNER, H.: Der Formensinn und die Sehschärfe der Bienen. *Z. vergl. Physiol.* **7**, 56—143 (1928). — BOCH, R.: Die Tänze der Bienen bei nahen und fernen Trachtquellen. *Z. vergl. Physiol.* **38**, 136—167 (1956). — Rassenmäßige Unterschiede bei den Tänzen der Honigbiene (*Apis mellifica* L.). *Z. vergl. Physiol.* **40**, 289—320 (1957). — FISCHER, W.: Untersuchungen über die Riechschärfe der Honigbiene. *Z. vergl. Physiol.* **39**, 634—659 (1957). — FRISCH, K. v.: Methoden sinnesphysiologischer und psychologischer Untersuchungen an Bienen. In ABDERHALDENS Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Abt. 6, Teil D, S. 121—178. Berlin u. Wien 1922. — Über die „Sprache“ der Bienen. Eine tierpsychologische Untersuchung. *Zool. Jb., Abt. allg. Zool. u. Physiol.* **40**, 1—186 (1923). — Die Tänze der Bienen. *Öst. zool. Z.* **1**, 1—48 (1946). — Gelöste und ungelöste Rätsel der Bienen-sprache. *Naturwissenschaften* **35**, 12—23 (1948). — Die Sonne als Kompaß im Leben der Bienen. *Experientia* (Basel) **6**, 210—221 (1950). — Aus dem Leben der Bienen, 5. Aufl. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953. — FRISCH, K. v., u. R. JANDER: Über den Schwänzeltanz der Bienen. *Z. vergl. Physiol.* **40**, 239—263 (1957). — FRISCH, K. v., u. M. LINDAUER: Über die Fluggeschwindigkeit der Bienen und über ihre Richtungsweisung bei Seitenwind. *Naturwissenschaften* **42**, 377—385 (1955). — GEBELEIN, H., u. H. HEITE: Statistische Urteilsbildung. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1951. — GONTARSKI, H.: Leistungsphysiologische Untersuchungen an Sammelbienen. *Arch. Bienenkunde* **16**, 107—126 (1935). — HERAN, H.: Ein Beitrag zur Frage nach der Wahrnehmungsgrundlage der Entfernungsweisung der Bienen. *Z. vergl. Physiol.* **38**, 168—218 (1956). — KLEBER, E.: Hat das Zeitgedächtnis der Bienen biologische Bedeutung? *Z. vergl. Physiol.* **22**, 221—262 (1935). — KOLLER, S.: Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. Dresden u. Leipzig: Theodor Steinkopff 1943. — LINDAUER, M.: Über die Einwirkung von Duft- und

Geschmacksstoffen sowie anderer Faktoren auf die Tänze der Bienen. Z. vergl. Physiol. **31**, 348—412 (1948). — Ein Beitrag zur Frage nach der Arbeitsteilung im Bienenstaat. Z. vergl. Physiol. **34**, 299—345 (1952). — Schwarmbienen auf Wohnungssuche. Z. vergl. Physiol. **37**, 263—324 (1955). — Sonnenorientierung der Bienen unter der Äquatorsonne und zur Nachtzeit. Naturwissenschaften **44**, 1—6 (1957). — PAETAU, K.: Zur statistischen Beurteilung von Messungsreihen. Biol. Zbl. **63**, 152—168 (1943). — RUTTNER, F.: Die Sexualfunktionen der Honigbiene im Dienste ihrer sozialen Gemeinschaft. Z. vergl. Physiol. **39**, 577—600 (1957). — SCHICK, W.: Die Wirkung von Giftstoffen auf die Tänze der Bienen. Z. vergl. Physiol. **35**, 105—128 (1953). — SCHIFFERER, G.: Über die Entfernungsangaben bei den Tänzen der Bienen. Lehramtsarbeit, München 1952. — WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik für Naturwissenschaftler und Mediziner. Jena 1948. — WEYER, F.: Cytologische Untersuchungen am Gehirn alternder Bienen und die Frage nach dem Alterstod. Z. Zellforsch. **14**, 1—54 (1931).

Dr. ELISABETH MARIA SCHWEIGER,
München 2, Luisenstraße 14, Zoologisches Institut der Universität

Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg

Lebenslauf

Am 14. April 1930 wurde ich, ELISABETH MARIA SCHWEIGER, als Tochter des Volksschullehrers ALOIS SCHWEIGER und seiner Ehefrau ROSA, geb. PLETL, in Lämmersdorf, Landkreis Wegscheid, geboren. Die Volksschule in Künzing, Landkreis Vilshofen, besuchte ich fünf Jahre. 1941 trat ich in die Oberschule Vilshofen ein, 1943—1945 war ich an der Oberschule für Mädchen in Passau-Niedernburg. Im Juli 1949 legte ich an der Oberrealschule Passau die Reifeprüfung ab, nach einem Studium von 10 Semestern — 2 Semester an der Technischen Hochschule München, 8 Semester an der Universität München — 1954 die erste Lehramtsprüfung in den Fächern Biologie, Chemie, Erdkunde. Nach zweijähriger Referendarzeit folgte im Dezember 1956 die zweite Lehramtsprüfung.

Im August 1952 begann ich unter der Leitung von Herrn Professor v. FRISCH mit der Ausführung der vorliegenden Dissertation, die ich im Juli 1957 beenden konnte.

